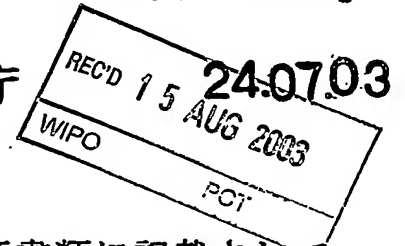


PCT/JP03/09404

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 7月24日

出願番号

Application Number:

特願2002-215503

[ST.10/C]:

[JP2002-215503]

出願人

Applicant(s):

東京エレクトロン株式会社
日本高周波株式会社

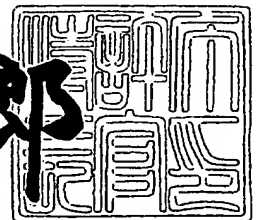
CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 6月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3051604

【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP020065

【提出日】 平成14年 7月24日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 21/02

【発明の名称】 プラズマ処理装置及びその制御方法

【請求項の数】 8

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式会社内

 【氏名】 石井 信雄

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市緑区中山町1119 日本高周波株式会社内

 【氏名】 篠原 己拔

【特許出願人】

 【識別番号】 000219967

 【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【特許出願人】

 【識別番号】 391020986

 【氏名又は名称】 日本高周波株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100077517

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 石田 敬

 【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092624

 【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】

【識別番号】 100107294

【弁理士】

【氏名又は名称】 妻鹿 恒雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

【選任した代理人】

【識別番号】 100081330

【弁理士】

【氏名又は名称】 樋口 外治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036135

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理装置及びその制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 処理容器と、

前記処理容器内にプラズマを生成させるマイクロ波を発振するマイクロ波発振器と、

前記処理容器内に前記マイクロ波発振器が発振したマイクロ波を放射するアンテナと、

前記マイクロ波発振器が発振したマイクロ波を前記アンテナに導く導波管と、

前記導波管に設置され、操作端を操作することによりそのインピーダンスを調整可能な負荷整合器と、

前記導波管の前記負荷整合器より前記マイクロ波発振器側に設置される検波器と、

前記検波器で検出される前記処理容器から反射されるマイクロ波量に基づいて算出された処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するように前記負荷整合器の操作端を制御する制御部を具備するプラズマ処理装置。

【請求項2】 前記制御部が、

前記検波器で検出される前記処理容器から反射されるマイクロ波量に基づいて処理容器側インピーダンスを算出する処理容器側インピーダンス算出部と、

前記処理容器側インピーダンス算出部で算出された処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合する前記負荷整合器の操作端操作量を算出する負荷整合器調整量算出部と、

前記負荷整合器調整量算出部で算出された操作量の1未満の所定倍を操作信号として出力する操作信号出力部と、

前記操作信号出力部から出力される操作信号に基づいて前記負荷整合器の操作端を制御する負荷整合器制御部と、

前記処理容器側インピーダンス算出部で算出された処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するまで、前記処理容器側インピー

ダンス算出部、前記負荷整合器調整量算出部、前記操作信号出力部及び前記負荷整合器制御部を繰り返し操作する繰り返し操作部を具備する請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】 前記制御部が、前記処理容器内にプラズマが生成されたことを検出するプラズマ検出部をさらに具備し、

前記操作信号出力部が、前記プラズマ検出部によりプラズマが生成されていないと判定されたときには前記負荷整合器調整量算出部で算出された操作量をそのまま操作信号として出力し、前記プラズマ検出部によりプラズマが生成されていると判定されたときには前記負荷整合器調整量算出部で算出された操作量の 1 未満の所定倍を操作信号として出力する請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】 前記制御部が、前記負荷整合器の操作端の実位置を検出する操作端位置検出器をさらに具備し、

前記負荷整合器制御部が、前記操作信号出力部から出力される操作信号と前記操作端位置検出器で検出された前記負荷整合器の操作端の実位置との差に応じて前記負荷整合器の操作端を操作する請求項 2 又は 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】 前記負荷整合器が、スタブ構造である請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】 前記負荷整合器が、ショートプランジャ構造である請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】 処理容器と、前記処理容器内にプラズマを生成させるマイクロ波を発振するマイクロ波発振器と、前記処理容器内に前記マイクロ波発振器が発振したマイクロ波を放射するアンテナと、前記マイクロ波発振器が発振したマイクロ波を前記アンテナに導く導波管と、前記導波管に設置され、操作端を操作することによりそのインピーダンスを調整可能な負荷整合器と、前記導波管の前記負荷整合器より前記マイクロ波発振器側に設置される検波器と、前記検波器で検出される前記処理容器から反射されるマイクロ波量に基づいて算出された処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するように前記負荷整合器の操作端を制御する制御部を具備するプラズマ処理装置の制御方法であって、

前記検波器で検出される前記処理容器から反射されるマイクロ波量に基づいて処理容器側インピーダンスを算出する処理容器側インピーダンス算出段階、

前記処理容器側インピーダンス算出段階で算出された処理容器側インピーダンスが発振器側インピーダンスと整合する前記負荷整合器の調整量を算出する負荷整合器調整量算出段階と、

前記負荷整合器調整量算出段階で算出された調整量の 1 未満の所定倍を操作信号として出力する操作信号出力段階と、

前記操作信号出力段階で出力される操作信号に基づいて前記負荷整合器の操作端を制御する負荷整合器制御段階を処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するまで繰り返し実施するプラズマ処理装置の制御方法。

【請求項 8】 前記制御部が、前記処理容器内にプラズマが生成されたことを検出するプラズマ検出部をさらに具備し、

前記操作信号出力段階が、前記プラズマ検出部によりプラズマが生成されていないと判定されたときには前記負荷整合器調整量算出段階で算出された調整量をそのまま操作信号として出力し、前記プラズマ検出部によりプラズマが生成されていると判定されたときには前記負荷整合器調整量算出段階で算出された調整量の 1 未満の所定倍を操作信号として出力する請求項 7 に記載のプラズマ処理装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体製造及び液晶ディスプレイパネル製造に使用されるプラズマ処理装置及びその制御方法に係り、特にマイクロ波発振器が発生するエネルギーを負荷である真空容器内部のプラズマ状態のガスに効率良く伝達できるマイクロ波プラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体製造過程において、ウェハ上に薄膜を形成するために PVD、CVD 等

のプラズマ処理装置が使用されている。

【 0 0 0 3 】

プラズマ処理装置にも種々の形式が存在するが、マグネトロン等のマイクロ波発振器から導波管を介してアンテナにマイクロ波を導き、アンテナからマイクロ波を真空容器内に放射し、マイクロ波によってガス分子を励起してウエハ表面に薄膜を形成するマイクロ波プラズマ処理装置も多用されている。

【 0 0 0 4 】

このマイクロ波プラズマ処理装置にあっては、エネルギーの有効利用及び製品の高品質化の観点から、マイクロ波発振器が発生するマイクロ波を効率よく真空容器内部のプラズマに導くとともに、真空容器内の電界を均一にすることが重要である（特開 2 0 0 2 - 5 0 6 1 3 公報参照）。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

ところでマイクロ波発振器が発生するエネルギーを効率よくプラズマに供給するためには、発振器側から見た負荷インピーダンス、即ちプラズマの等価インピーダンスと負荷側から発振器を見たインピーダンスが整合することが必要であるが、負荷側のインピーダンスを調整して整合状態を達成するために発振器とアンテナの間に負荷整合器が設置される。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、プラズマの等価インピーダンスはプラズマ密度に応じて非線形に変化するため、負荷整合器の調整は容易でない。

【 0 0 0 7 】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであって、マイクロ波発振器が発生するエネルギーを負荷である真空容器内部のガスに効率良く伝達することが可能なプラズマ処理装置及びその制御方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

第一の発明に係るプラズマ処理装置は、処理容器と、処理容器内にプラズマを生成させるマイクロ波を発振するマイクロ波発振器と、処理容器内にマイクロ波

発振器が発振したマイクロ波を放射するアンテナと、マイクロ波発振器が発振したマイクロ波をアンテナに導く導波管と、導波管に設置され操作端を操作することにより導波管のインピーダンスを調整する負荷整合器と、導波管の負荷整合器よりマイクロ波発振器側に設置される検波器と、検波器で検出される処理容器から反射されるマイクロ波量に基づいて算出された処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するように負荷整合器の操作端を制御する制御部を具備する。

【 0 0 0 9 】

本発明にあつては、処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するように負荷整合器の操作端を制御される。

【 0 0 1 0 】

第二の発明に係るプラズマ処理装置は、制御部が、検波器で検出される処理容器から反射されるマイクロ波量に基づいて処理容器側インピーダンスを算出する処理容器側インピーダンス算出部と、処理容器側インピーダンス算出部で算出された処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合する負荷整合器の操作端操作量を算出する負荷整合器調整量算出部と、負荷整合器調整量算出部で算出された操作量の1未満の所定倍を操作信号として出力する操作信号出力部と、操作信号出力部から出力される操作信号に基づいて負荷整合器の操作端を制御する負荷整合器制御部と、処理容器側インピーダンス算出部で算出された処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するまで処理容器側インピーダンス算出部、負荷整合器調整量算出部、操作信号出力部及び負荷整合器制御部を繰り返し操作する繰り返し操作部を具備する。

【 0 0 1 1 】

本発明にあつては、現在の負荷側インピーダンスを整合インピーダンスとするための操作量を1未満である所定数倍した量により負荷整合器の操作端が繰り返し操作される。なお倍数は可変であってもよく、操作量が大きいときは倍数を大きく、操作量が小さいときは倍数を小さくしてもよい。

【 0 0 1 2 】

第三の発明に係るプラズマ処理装置は、制御部が処理容器内にプラズマが生成

されたことを検出するプラズマ検出部をさらに具備し、

操作信号出力部が、プラズマ検出部によりプラズマが生成されていないと判定されたときには負荷整合器調整量算出部で算出された操作量をそのまま操作信号として出力し、プラズマ検出部によりプラズマが生成されていると判定されたときには前記負荷整合器調整量算出部で算出された操作量の1未満の所定倍を操作信号として出力する。

【0013】

本発明にあっては、プラズマ形成前は現在の負荷側インピーダンスを整合インピーダンスとするための操作量により負荷整合器の操作端が操作され、プラズマ形成後は現在の負荷側インピーダンスを整合インピーダンスとするための操作量を1未満である所定数倍した量により負荷整合器の操作端が操作される。

【0014】

【発明の実施の形態】

図1は本発明が適用されるプラズマ処理装置の断面図であって、処理容器10は、有底円筒容器101とこの有底円筒容器101の蓋である石英板102で構成される。

【0015】

処理容器10の内部には載置台103が設置され、その上に加工対象であるウエハ104が載置される。ウエハ104を載置台103に固定するために、載置台103内に静電チャックを設けてもよい。なお、この載置台103にはバイアス用高周波電源105が接続されている。

【0016】

処理容器10の側壁には処理容器10内にガスを供給するガス供給管106が、底面にはガスを排出するガス排気管106'が設置されている。

【0017】

石英板102の上には平板スロットアンテナ107が設置され、平板スロットアンテナ107は円盤状のラジアル導波箱108で覆われている。

【0018】

ラジアル導波箱108の中央には円形導波管109が接続され、円形導波管1

0-9 は矩形導波管 110 を介してマイクロ波発振器 111 に接続される。

【0019】

なお、円形導波管 109 のラジアル導波箱 108 側に負荷整合器 112 が、矩形導波管 110 側には円偏波変換器 113 が挿入されている。また負荷整合器 112 と円偏波変換器 113 の間には検波器 114 が設置される。

【0020】

さらに平板スロットアンテナ 107 の中心にはマイクロ波を均等に分布させるために例えば金属製の円錐状のバンプ 115 が設置されている。

【0021】

有底円筒容器 101 を石英板 102 で蓋をして真空にした後、ガス供給管 106 からガスを注入して平板スロットアンテナ 107 からマイクロ波を放射すると、ガス分子はプラズマ化される。

【0022】

このプラズマの誘電率 ϵ_p は [数 1] で表される。

【0023】

【数 1】

$$\epsilon_p = 1 - \omega_c^2 / \omega^2$$

ここで ω_c はプラズマの固有角周波数

ω はマイクロ波電源の発振角周波数

【0024】

ここでプラズマ角周波数 ω_c の自乗はプラズマ密度 n_e に比例するので [数 2] が成立する。

【0025】

【数2】

$$\omega_c^2 \propto n_e$$

ここで n_e はプラズマ密度

【0026】

図2はプラズマ密度 n_e とプラズマ誘電率 ϵ_p の大略の関係を示すグラフであって、マイクロ波発振器の発振周波数を 2.45 GHz であるとする、プラズマ密度 n_e が 1 立方センチメートル当たり約 7×10^{10} のときプラズマ角周波数 ω_c とマイクロ波発振器 111 の発振角周波数は等しくなり、プラズマ誘電率 ϵ_p は零となる。また、プラズマの等価インピーダンス Z_p は大略プラズマ誘電率 ϵ_p の $-1/2$ 乗に比例するので、【数3】が成立する。

【0027】

【数3】

$$Z_p \propto \epsilon_p^{-1/2} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_p}}$$

【0028】

よって【数1】～【数3】より、【数4】が成立する。

【0029】

【数 4】

$$Z_p = \left\{ 1 - k \left(\frac{n_e}{\omega^2} \right) \right\}^{-\frac{1}{2}}$$

ただし、 k は比例定数

n_e はプラズマ密度

ω はマイクロ波発振器の発振周波数

【0030】

従って、プラズマインピーダンスを含む処理容器側インピーダンスをマイクロ波発振器側インピーダンスと整合させるために処理容器側インピーダンスに対応して算出された量だけ負荷整合器を操作すると、処理容器内のプラズマ状態が変化しプラズマの等価インピーダンスが変化してしまい、負荷整合器の調整量を再度変更することが必要となる。

【0031】

このように、処理容器内のプラズマの等価インピーダンスは【数4】に示すようにプラズマ密度の非線形関数として表されるので、一回の負荷整合器の操作で整合状態を実現することは困難な場合がある。

【0032】

そこで、本発明では検波器 114 と負荷整合器 112 を、制御部を介して結合することによって漸次整合状態を達成する。

【0033】

図3は負荷整合器及び検波器を含む円形導波管の第一の構成図であって、負荷

整合器 1 1 2 はスタブ型である。円形導波管 1 0 9 の軸方向に進行するマイクロ波の管内波長 λ_g の $1/4$ の間隔を隔てて設置された 3 つのスタブ 1 1 2 1、1 1 2 2、1 1 2 3 を一つのスタブ群 1 1 2 とするスタブ群が、円形導波管 1 0 9 の周上に 9 0 度間隔に四組設置される。

【 0 0 3 4 】

各スタブ群のそれぞれのスタブは、例えばパルスモータとラック・ピニオンで構成される駆動機構によって円形導波管 1 0 9 の半径方向に挿入・引き抜きが可能な構成となっている。

【 0 0 3 5 】

即ち、スタブ 1 1 2 1、1 1 2 2、1 1 2 3 の円形導波管 1 0 9 への挿入量 x_1 、 x_2 、 x_3 を調整し、負荷側、即ち処理容器 1 0 1 側で反射されて戻ってくるマイクロ波のうち負荷側に再反射する割合を変更することにより、負荷側のインピーダンスを調整することができる。

【 0 0 3 6 】

円形導波管 1 0 9 の負荷調整器 1 1 2 の上流側には検波器 1 1 4 が配置されるが、検波器 1 1 4 は負荷整合器 1 1 2 と同じく円形導波管 1 0 9 の軸方向に進行するマイクロ波の管内波長 λ_g の $1/8$ の間隔を隔てて設置された 3 つの検波素子 1 1 4 1、1 1 4 2、1 1 4 3 を一つの検波素子群 1 1 4 とする検波素子群が、円形導波管 1 0 9 の周上に 9 0 度間隔に四組又は 9 0 度異なる位置に二組設置される。

【 0 0 3 7 】

3 つの検波素子 1 1 4 1、1 1 4 2、1 1 4 3 によって検出される電圧を v_1 、 v_2 、 v_3 とすれば、[数 5] が成立する。

【 0 0 3 8 】

【数 5】

$$v_1 = K |v_i|^2 (1 + \Gamma^2 + 2|\Gamma| \cos \theta)$$

$$v_2 = K |v_i|^2 (1 + \Gamma^2 - 2|\Gamma| \sin \theta)$$

$$v_3 = K 4 |v_i|^2 (1 + \Gamma^2 - 2|\Gamma| \cos \theta)$$

ここで、 v_i はマイクロ波発振器の出力電圧
 Γ は反射係数
 θ は位相

【0039】

従って3つの検波素子1141, 1142, 1143で検波電圧 v_1 , v_2 , v_3 が検出されれば、反射係数 Γ 及び位相 θ を算出することができる。

【0040】

この反射係数 Γ 、位相 θ 及びスタブ位置に基づいて各スタブ1121、1122、1123のリアクタンスが計算できるので負荷側のインピーダンスを算出することができる。

【0041】

その後負荷側のインピーダンスがマイクロ波発振器側のインピーダンスと整合するスタブの挿入位置を算出し、現在の挿入位置からの偏差を求め、この偏差に基づいてスタブを操作する。

【0042】

図4はスタブ調整の概念図であって、スタブ挿入量 x_1 、 x_2 、 x_3 を右手三次元座標系の各軸にとる。

【0043】

検波器から処理容器側を見たときのインピーダンス Z_L は、[数6]に示すようにプラズマ誘電率 ϵ_p だけでなくスタブ挿入量 x_1 、 x_2 、 x_3 の関数として表される。

【0044】

【数6】

$$Z_L = Z_L(x_1, x_2, x_3, \epsilon_p)$$

【0045】

即ち、スタブ調整は、三次元座標系において各軸成分が (x_{10}, x_{20}, x_{30}) であるベクトルとして表される検波器から処理容器側を見たときのインピーダンス Z_{L0} を、各軸成分が (x_{1N}, x_{2N}, x_{3N}) であるベクトルとして表される整合インピーダンス Z_{LN} に移動させる操作と考えることができる。

【0046】

そして、二つのベクトル (x_{10}, x_{20}, x_{30}) 及び (x_{1N}, x_{2N}, x_{3N}) の各成分が既知であれば、インピーダンス Z_{L0} を整合インピーダンス Z_{LN} まで移動させる操作ベクトルは一義的に決定される。

【0047】

しかし、前述したように検波器から処理容器側を見たときのインピーダンス Z_L はプラズマ誘電率 ϵ_p の関数でもあるから、破線で示すように初期位置 (x_{10}, x_{20}, x_{30}) から最終位置 (x_{1N}, x_{2N}, x_{3N}) まで直接移動させると、移動中にプラズマ誘電率 ϵ_p が変化し、その結果処理容器側を見たときのインピーダンス Z_L が変化するので、整合状態となることは保証されない。

【0048】

そこで本発明では、実線で表されるように負荷インピーダンスを監視しながら徐々にスタブ挿入量を調節して、最終的に整合状態を達成するようにしている。

【 0 0 4 9 】

即ち、初期位置 (x_{10}, x_{20}, x_{30}) を最終位置 (x_{1N}, x_{2N}, x_{3N}) に移動させる操作ベクトルを求め、負荷側インピーダンスを初期位置 Z_{L0} から操作ベクトルの 1 未満の所定倍だけ移動させる。

【 0 0 5 0 】

以後移動後の負荷インピーダンスを初期位置として上記手順を繰り返すことにより最終的に整合状態を達成する。

【 0 0 5 1 】

図 5 は本発明に係るプラズマ処理装置に適用される第一の負荷整合器制御部の構成図であって、検波素子 1 1 4 1、1 1 4 2 及び 1 1 4 3 の出力は制御部 5 1 に取り込まれる。また、スタブ 1 1 2 1、1 1 2 2 及び 1 1 2 3 の挿入量を調整するアクチュエータ 5 2 1、5 2 2 及び 5 2 3 は制御部 5 1 から出力される操作信号によって駆動される。

【 0 0 5 2 】

制御部 5 1 は、例えばマイクロコンピュータシステムであり、端末 5 3 を介して操作される。

【 0 0 5 3 】

図 6 は制御部 5 1 で実行される負荷整合器制御ルーチンのフローチャートであって、所定の時間間隔ごとに割り込み処理として実行される。

【 0 0 5 4 】

まず、ステップ 6 0 で検波器 1 1 4 を構成する 3 つの検波素子 1 1 4 1、1 1 4 2 及び 1 1 4 3 の出力電圧 v_1 、 v_2 、 v_3 を読み込み、ステップ 6 1 で [数 4] を使用して反射係数 Γ 及び位相差 θ を算出する。

【 0 0 5 5 】

ステップ 6 2 でスタブ位置に基づいて各スタブ 1 1 2 1、1 1 2 2 及び 1 1 2 3 のリアクタンスを求める。

【 0 0 5 6 】

次にステップ63で反射係数 Γ 及び位相差 θ を使用して、3つのスタブ1121、1122及び1123が $1/4$ 波長間隔で配置されていることを考慮して検波器114から負荷側を見たインピーダンス、即ち処理容器101内のプラズマ、平面スロットアンテナ107、ラジアル導波管108、及び負荷整合器112の合成インピーダンス Z_L を算出する。

【0057】

ステップ64で検波器114からマイクロ波発振器111を見たインピーダンス Z_S と整合する整合負荷側インピーダンス Z_{LN} を算出し、ステップ65で整合負荷側インピーダンス Z_{LN} を実現する整合スタブ挿入量 x_{1N} 、 x_{2N} 、 x_{3N} を算出する。

【0058】

ステップ66で現在のスタブ挿入量(x_1 、 x_2 、 x_3)と整合スタブ挿入量(x_{1N} 、 x_{2N} 、 x_{3N})の差である挿入量偏差(Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3)を算出する。

【0059】

そしてステップ67で挿入量偏差(Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3)が予め定められた閾値E未満であるかを判定する。

【0060】

そして、ステップ67で否定判定されたとき、即ち挿入量偏差(Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3)が予め定められた閾値E以上であるときは、ステップ68で挿入量偏差(Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3)の m (ただし、 $m < 1.0$ であり、例えば0.5)倍を操作信号として出力してこのルーチンを終了する。すると、パルスモータ521、522及び523はこの操作信号に応じて回転し、スタブ1121、1122及び1123の挿入量が調節される。

【0061】

逆にステップ67で肯定判定されたとき、即ち挿入量偏差(Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3)が予め定められた閾値E未満であるときは整合が達成されたものとして、操作信号を出力せずに直接このルーチンを終了する。この場合はスタブの挿入量は変化せず整合状態が維持される。

【0062】

上記方法によれば確実に整合状態に到達可能であるが、処理容器101内にプラズマが形成される前は負荷側のインピーダンスはほぼ一定であるにも係らず、スタブの挿入量が制限されて整合状態に到達するまでに時間を要する。

【0063】

そこで、プラズマ形成前は $m=1.0$ としてスタブの挿入量を大きくして整合状態に到達するまでの時間を短縮し、プラズマ形成後は $m<1.0$ として確実に整合状態に到達するようにしてもよい。

【0064】

プラズマが形成されことは、処理容器側壁に石英ガラスをはめ込んだ窓120(図1)を介して光電素子121によりプラズマ光を検出することにより判定可能である。即ち、光電素子121がプラズマ光を検出していないときは $m=1.0$ とし、プラズマ光を検出後は $m<1.0$ とすればよい。

【0065】

上記制御部は一台のマイクロコンピュータで全ての機能を実行するため、負荷整合器制御ルーチンの実行間隔をある程度短くしなければ、整合状態に到達するまでの時間が一層長くなってしまう。

【0066】

図7は本発明に係るプラズマ処理装置に適用される第二の負荷整合器制御部の構成図であって、上記課題を解決するために、制御部を階層構成としている。

【0067】

即ち制御部51は、演算部510と三台の位置制御部511、512、513で構成されている。

【0068】

さらに、スタブ1121、1122、1123の挿入量を調節する三台のパルスモータ521、522、523にロータリーエンコーダ541、542、543が直結されている。

【0069】

そして、ロータリーエンコーダ541、542、543で検出されるスタブの

挿入量は対応する位置制御部 511、512、513 にフィードバックされるほか、演算部 510 にも取り込まれる。

【0070】

本構成においては、負荷整合器制御ルーチンのステップ 60～67 までが演算部 510 で実行され、3 つのスタブ 1121、1122、1123 に対する操作指令を各位置制御部 511、512、513 に出力する。

【0071】

各位置制御部 511、512、513 は、操作指令及びロータリーエンコーダ 541、542、543 で検出されるスタブの実際の挿入量に基づいてスタブ挿入量を制御する。

【0072】

本構成によれば、演算部 510 は各パルスモータの動作が終了を待つことなく、各スタブの目標挿入量の算出及び各位置制御部 511、512、513 は各スタブの挿入量の制御に専念できるので、整合状態に迅速に到達することが可能となる。

【0073】

このとき、偏差量が大きい時にモータ速度を大きく、偏差量が小さい時にモータ速度を小さくして、スタブの移動速度を大きく最終的には負荷整合までの時間を短くすることができる。

【0074】

さらに上記実施形態にあっては、負荷整合器としてスタブ構造を使用しているが、他の形式を適用することも可能である。

【0075】

図 8 は円形導波管部の第二の構成図であって、負荷整合器はスタブ構造に代えてショートプランジャ構造を採用している。

【0076】

即ち、円形導波管 109 には外側半径方向に延びる中空筒 811、812 及び 813 が取り付けられている。この中空筒 811、812 及び 813 の内部で金属板 821、822 及び 823 を移動させることによって、インピーダンスを調

整することができる。

【 0 0 7 7 】

金属板はスタブと同じくラック・ピニオンとパルスモータによって駆動されるので、上記第一及び第二の負荷整合器制御部を適用できる。

【 0 0 7 8 】

【発明の効果】

第一の発明に係るプラズマ処理装置によれば、マイクロ波発振器が発生するエネルギーを効率よく処理容器に伝達することが可能となる。

【 0 0 7 9 】

第二の発明に係るプラズマ処理装置によれば、負荷側インピーダンスを徐々に整合インピーダンスに近づけることによって、プラズマの状態の変化に起因して負荷側インピーダンスが変化した場合にも確実に整合を達成することが可能となる。

【 0 0 8 0 】

第三の発明に係るプラズマ処理装置によれば、プラズマ形成前は迅速に整合をとることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明が適用されるプラズマ処理装置の断面図である。

【図 2】

プラズマ密度 n_e とプラズマ誘電率 ϵ_p の関係を示すグラフである。

【図 3】

負荷整合器及び検波器を含む円形導波管部の第一の構成図である。

【図 4】

スタブ調整の概念図である。

【図 5】

第一の負荷整合器制御部の構成図である。

【図 6】

負荷整合器制御ルーチンのフローチャートである。

【図 7】

第二の負荷整合器制御部の構成図である。

【図 8】

負荷整合器及び検波器を含む円形導波管部の第二の構成図である。

【符号の説明】

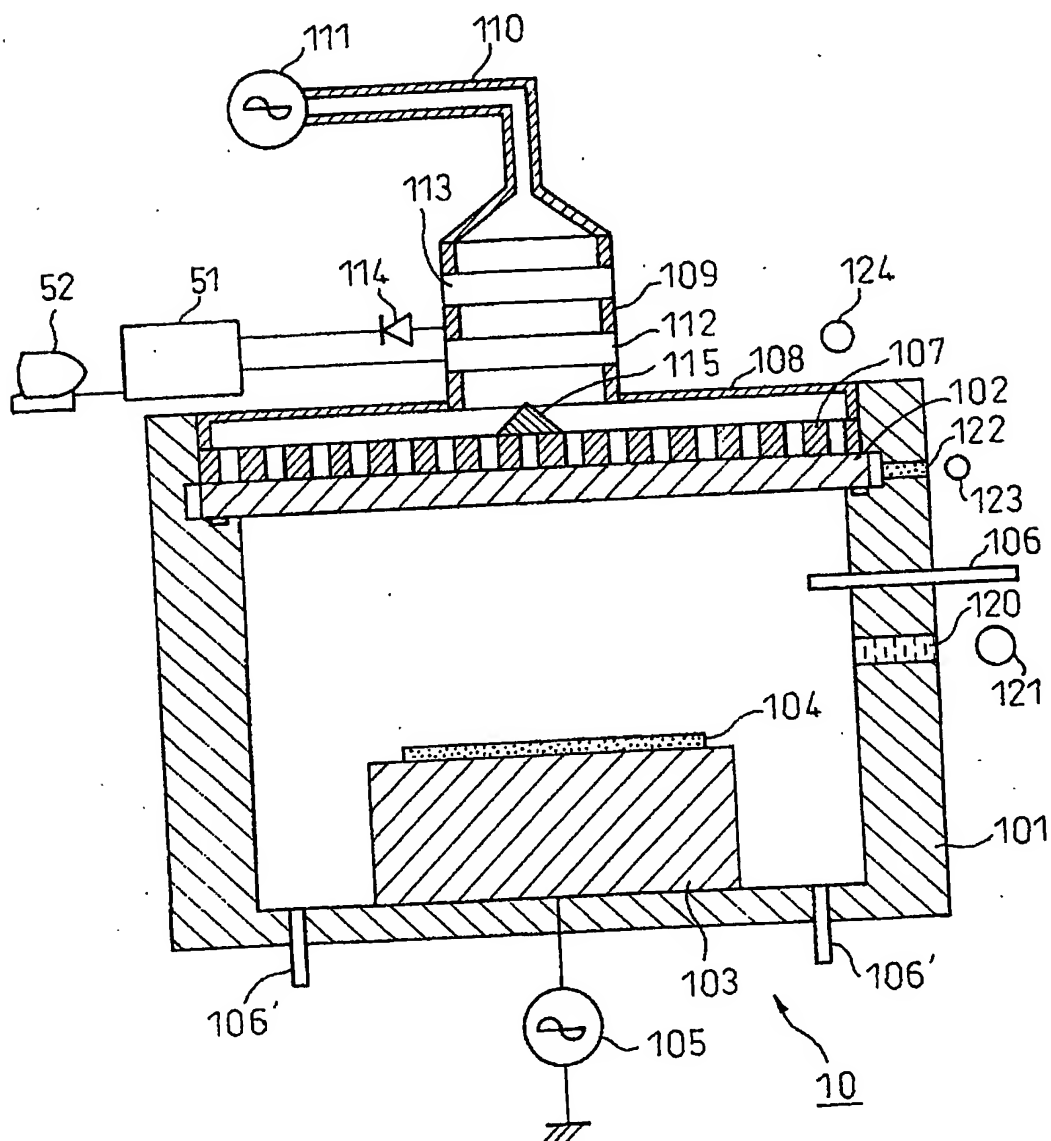
- 1 0 1 …有底円筒容器
- 1 0 2 …石英板
- 1 0 3 …載置台
- 1 0 4 …ウエハ
- 1 0 5 …バイアス電源
- 1 0 6 …ガス供給管
- 1 0 6' …ガス排気管
- 1 0 7 …平板スロットアンテナ
- 1 0 8 …ラジアル導波管
- 1 0 9 …円形導波管
- 1 1 0 …矩形導波管
- 1 1 1 …マイクロ波発振器
- 1 1 2 …負荷整合器
- 1 1 3 …円偏波変換器
- 1 1 4 …検波器
- 1 1 5 …パンプ
- 1 2 0 …窓
- 1 2 1 …光電素子
- 5 1 …制御部
- 5 2 …端末

【書類名】

図面

【図1】

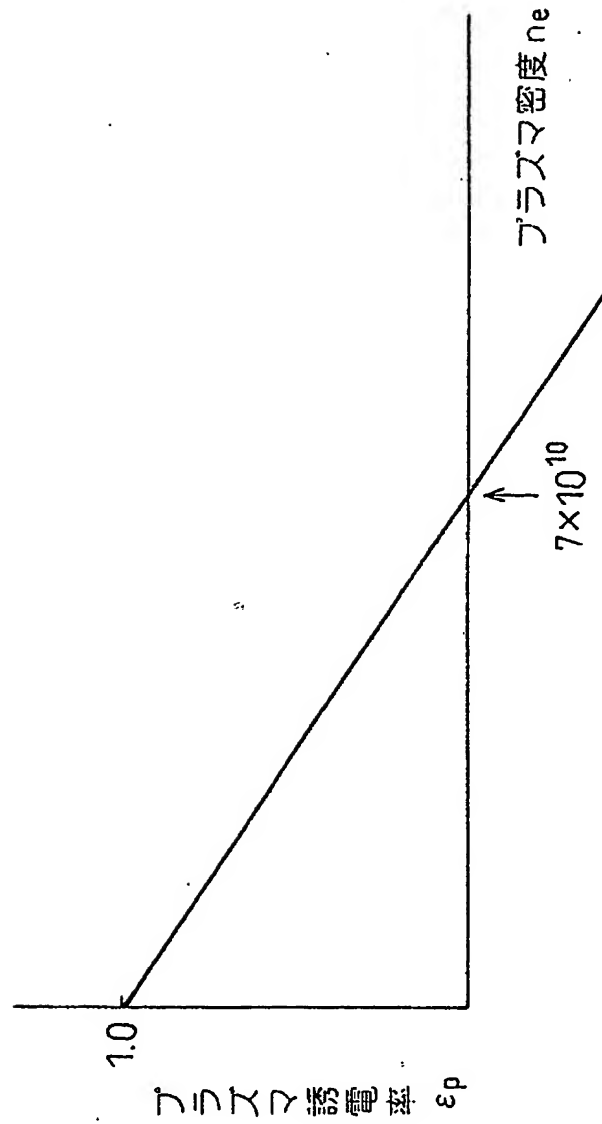
図1 本発明が適用されるプラズマ処理装置の断面図



【図 2】

図 2

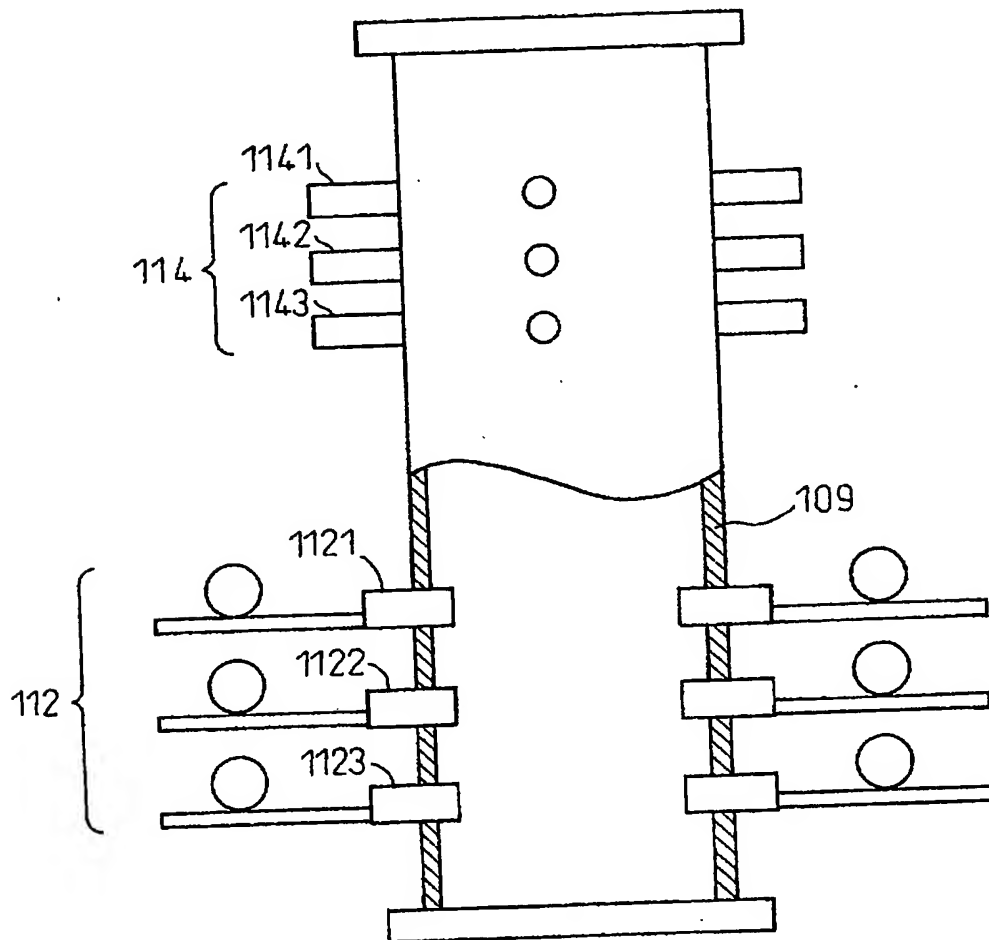
プラズマ密度 n_e とプラズマ誘電率 ϵ_p の関係を示すグラフ



【図3】

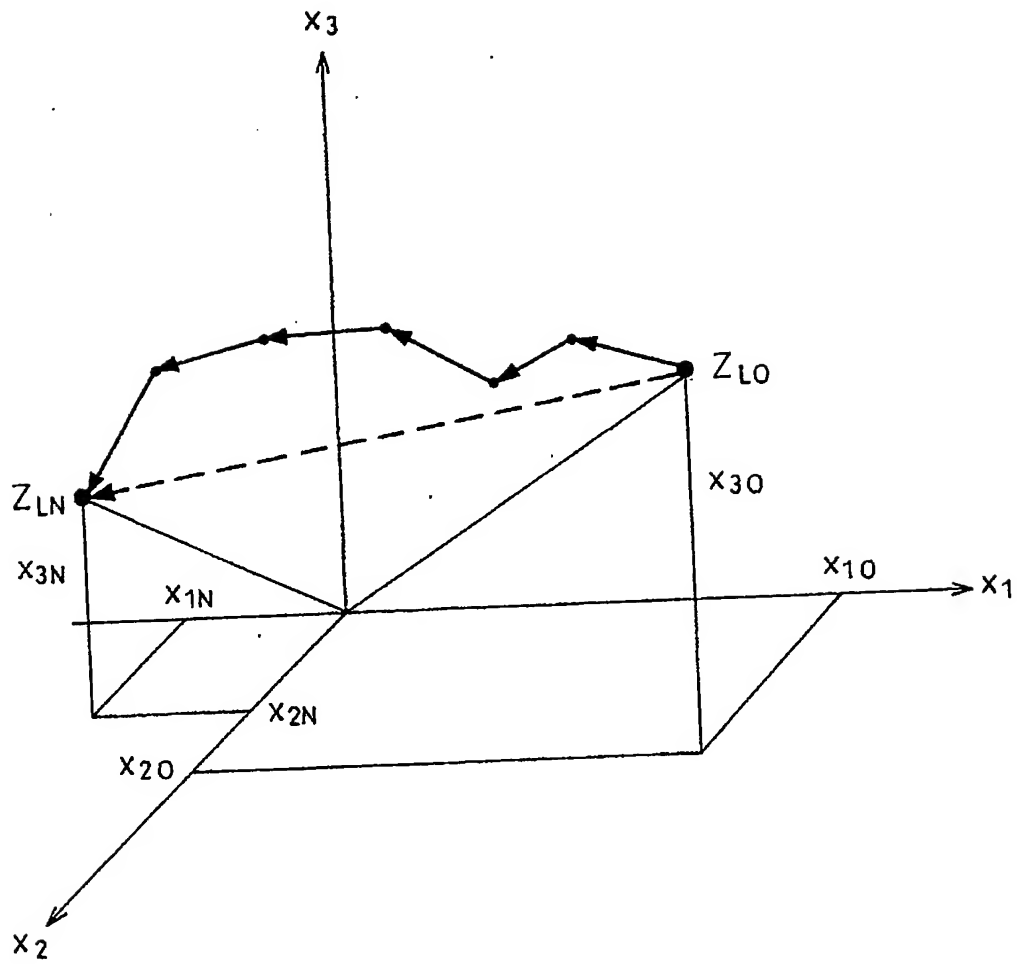
図3

負荷整合器及び検波器を含む円形導波管部の第一の構成図



【図4】

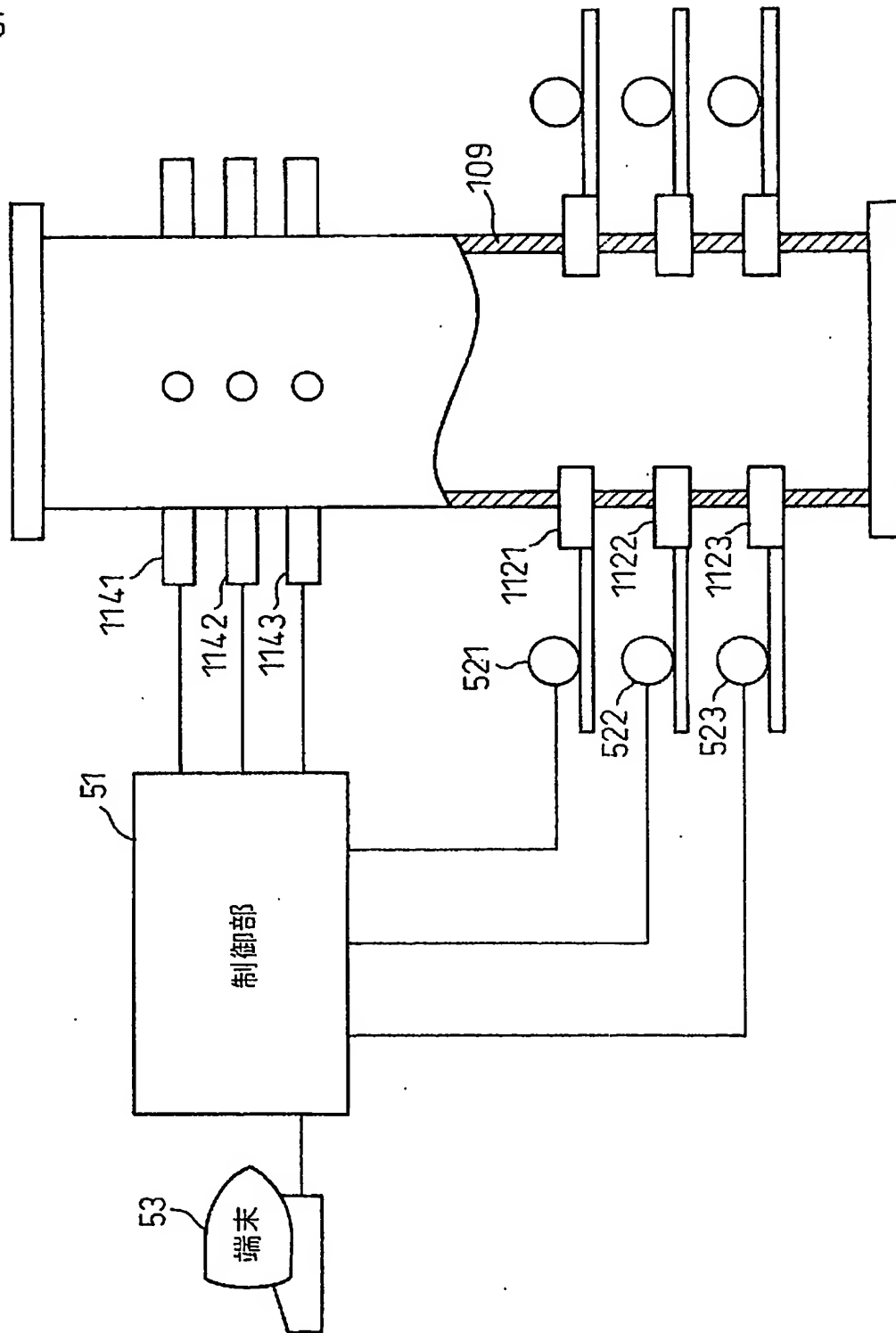
図4 スタブ調整の概念図



【図5】

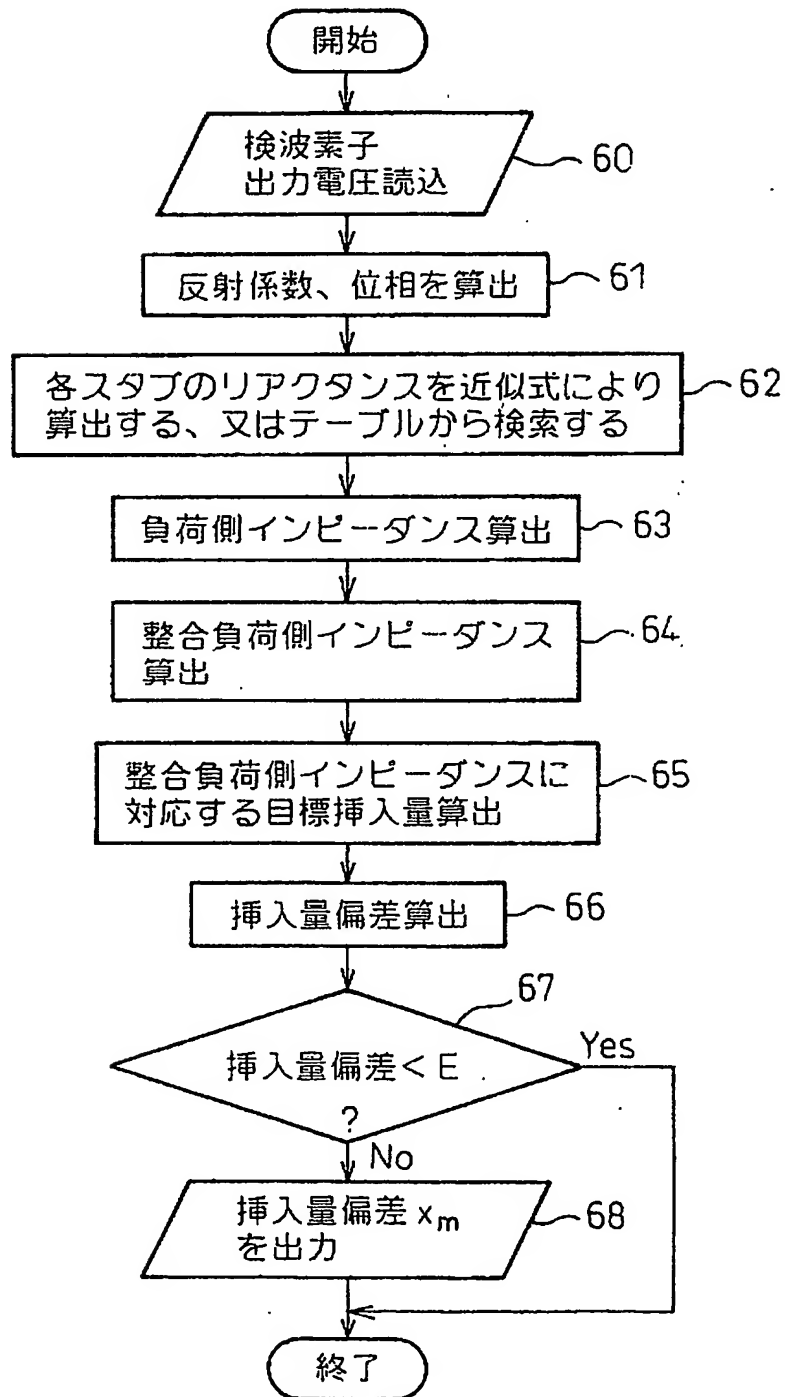
図5

第一の負荷整合器制御部の構成図



【図6】

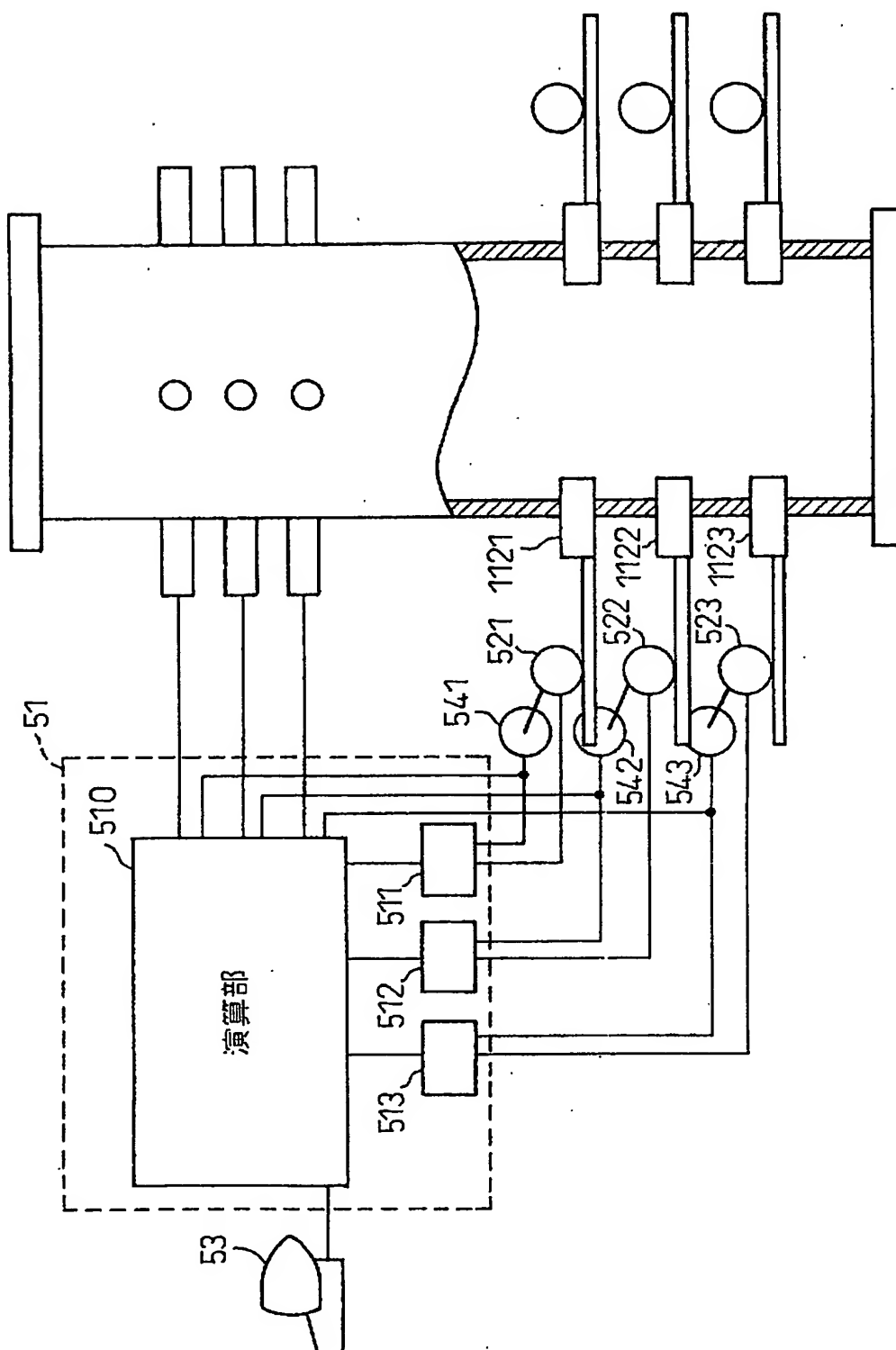
図6 負荷整合器制御ルーチンのフローチャート



【図 7】

図 7

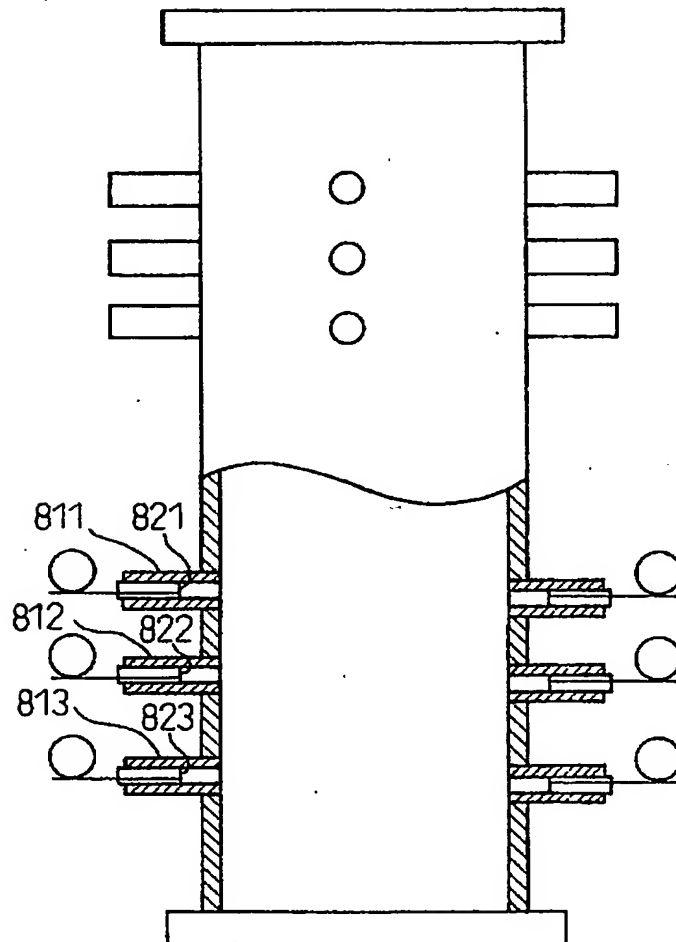
第二の負荷整合器制御部の構成図



【図 8】

図 8

負荷整合器及び検波器を含む円形導波管部の第二の構成図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 マイクロ波発振器が発生するエネルギーを負荷である真空容器内部のガスに効率良く伝達できるプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】 検波器 1 1 4 によって、処理容器 1 0 1 及び 1 0 2 から反射されてくるマイクロ波量を検出する。制御部 5 1 において負荷側インピーダンス及びこれをマイクロ波発振器側インピーダンスと整合させるための操作量を算出する。そして、制御部から算出された操作量を 1 未満の所定数倍して操作指令として出力する。この操作指令によって負荷整合器 1 1 2 の操作端を制御することにより負荷側インピーダンスは漸次に整合インピーダンスに近づき、整合状態が達成される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000219967]

1. 変更年月日 1994年 9月 5日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区赤坂5丁目3番6号
氏 名 東京エレクトロン株式会社
2. 変更年月日 2003年 4月 2日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区赤坂五丁目3番6号
氏 名 東京エレクトロン株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [391020986]

1. 変更年月日	1991年 2月15日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県横浜市緑区中山町1119
氏 名	日本高周波株式会社